

**PREU EVANJE INSEKTICIDNE U INKOVITOSTI SAMOSTOJNE IN
KOMBINIRANE UPORABE RAZLI NIH NARAVNIH SNOVI PRI ZATIRANJU
RNEGA ŽITNEGA ŽUŽKA (*Sitophilus granarius* [L.]**

Stanislav TRDAN¹, Tanja BOHINC²

Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za fitomedicino, kmetijsko tehniko,
poljedelstvo, pašništvo in travništvo, Ljubljana

IZVLE EK

V laboratorijskih razmerah smo preu evali insekticidno delovanje razli nih okoljsko sprejemljivih snovi na smrtnost odraslih osebkov rnega žitnega žužka (*Sitophilus granarius*). Zrnje pšenice smo tretirali z diatomejsko zemljo (pripravek SilicoSec[®]), kremenovim peskom, listnim prahom drevesa *Azadirachta indica* (aktivna snov azadirachtin, pripravek Neem listni prah[®]) in lesnatim pepelom. Prav tako smo zrnje pšenice tretirali s kombinacijami diatomejske zemlje in lesnega pepela, listnega prahu in lesnega pepela, kremenovega peska in lesnega pepela ter s kombinacijo 4 substanc (diatomejske zemlje, lesnega pepela, listnega prahu in kremenovega peska). Pripravke smo aplicirali v razli nih koncentracijah. Smrtnost odraslih osebkov smo preu evali pri treh temperaturah (20, 25 in 30°C) in dveh vrednostih relativne zra ne vlage (55 in 75%). Smrtnost hroš ev smo ugotavljali 7., 14. in 21. dan po izpostavitvi. Ugotovili smo signifikaten vpliv preu evanih snovi na smrtnost rnega žitnega žužka. Smrtnost imagov je bila signifikatno najvišja v obravnavanjih, kjer smo uporabili lesni pepel samostojno ali v kombinacijah z drugimi snovmi, in sicer pri samostojni uporabi lesnega pepela (2,5 u%) (69,73±2,52%), kombinaciji diatomejske zemlje (450 ppm) in lesnega pepela (2,5 u%) (71,94±2,40%), kombinaciji kremenovega peska (450 ppm) in lesnega pepela (2,5 u%) (68,72±2,80%) ter kombinaciji 4 substanc (diatomejske zemlje [225 ppm], lesnega pepela [1,25 u%], listnega prahu [0,625 u%] in 225 ppm kremenovega peska [68,76±2,75%]). Smrtnost hroš ev je bila signifikatno višja pri nižji relativni zra ni vlagi (56,06±1,36%) ter pri najvišji obravnavani temperaturi (48,09±1,63%). Ugotavljamo, da lesni pepel v samostojni ali kombinirani uporabi lahko predstavlja okoljsko sprejemljivo alternativo sinteti nim insekticidom pri zatiranju odraslih osebkov rnega žitnega žužka, za dokon no potrditev te teze pa moramo preu iti še delovanje omenjenih snovi na jaj eca in li inke škodljivca.

Ključne besede: diatomejska zemlja, lesni pepel, kremenov pesek, listni prah drevesa *Azadirachta indica*, rni žitni žužek, *Sitophilus granarius*, u inkovitost

ABSTRACT

**RESEARCH ON INSECTICIDAL EFFICACY OF SINGLE AND COMBINED USE OF
DIFFERENT NATURAL SUBSTANCES AGAINST THE GRANARY WEEVIL (*Sitophilus
granarius* L.)**

Laboratory experiment was carried out to evaluate the insecticidal efficacy of different environmentally acceptable substances on the mortality of the granary weevil (*Sitophilus granarius*) adults. We treated wheat grains with diatomaceous earth (commercial formulation SilicoSec[®]), quartz sand, leaf powder of neem tree (active ingredient azadirachtin,

¹ prof. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana

² dr., raziskovalka, prav tam

commercial formulation Neem listni prah[®]), and wood ash. Wheat grains were also treated with combination of diatomaceous earth and wood ash, combination of leaf powder and wood ash, quartz sand and wood ash and with a combination of four different substances (diatomaceous earth, wood ash, leaf powder and quartz sand). Substances were applied at different concentrations. Mortality of the granary weevil adults was tested at 3 different temperatures (20, 25 in 30°C) and at 2 different relative humidity levels (55 and 75%). Mortality was evaluated 7, 14 and 21 days after exposure. We have detected significant impact of different substances on the mortality of the beetles. Significantly the highest mortality of the beetles was evaluated in treatments with wood ash in single or combined use, i.e. individual use of 2,5 w% wood ash (69.73±2.52%), and combined uses of diatomaceous earth (450 ppm) and 2.5 w% wood ash (71.94±2.40%), quartz sand (450 ppm) and 2.5 w% wood ash (68.72±2.80%), and diatomaceous earth (225 ppm), wood ash (1.25w%), leaf powder (0.625 w%), and quartz sand (225 ppm) (68.76±2.75%). We established that wood ash in single or combined use can perform environmentally acceptable alternative to synthetic insecticides in controlling granary weevil adults, however for final confirmation of this thesis we have to study the activity of the substances against the eggs and the larvae of the pest.

Key words: diatomaceous earth, wood ash, quartz sand, leaf powder of neem tree, granary weevil, *Sitophilus granarius*, efficacy

1 UVOD

161

Uporabo sinteti nih insekticidov za zatiranje skladiš nih škodljivih žuželk zaradi njihovega neciljnega delovanja in dejstva, da mnogi med njimi vplivajo na pojav rezistence, vse bolj izpodrivajo pripravki na podlagi rastlinskih snovi (piretrini idr.), inertni prašnati pripravki, rastlinski praški (Vayias et al., 2009) in eteri na olja (Cardiet et al., 2012). Delovanje inertnih praškov na skladiš ne škodljivce se najpogosteje pojasnjuje kot abrazivno delovanje na kutikulo škodljivcev, prek poškodovane kutikule pa žuželke izgubljajo vodo, kar posledično vpliva na njihovo izsušitev (desikacijo). Diatomejska zemlja, predstavnik inertnih praškov (Subramanyam in Roesli, 2000), je zaradi njene naravne zastopanosti v državah jugovzhodne Evrope povzročila zelo veliko zanimanje med raziskovalci (Andri et al., 2012).

Med inertne praške pa uvrščamo tudi kremenov pesek in lesnati pepel (Subramanyam in Roesli, 2000). Delovanje kremenovega peska je prav tako kot pri diatomejski zemlji povezano z vsebnostjo SiO₂ (Rojht et al., 2010b), o insekticidnem delovanju lesnega pepela pa se poleg vpliva na izsušitev izpostavljenih organizmov najpogosteje govori v kontekstu zadrževanja razvoja ter oviranja dihanja ter gibanja žuželk (Gwinner et al., 1996; Hakbijl, 2002). V naši raziskavi uporabljena diatomejska zemlja (pripravek SilicoSec[®]) namreč vsebuje 84,47 % SiO₂ (Rojht et al., 2010a), okoli 90 % SiO₂ najdemo v kremenem pesku (Rojht et al., 2010b), medtem ko lesnati pepel vsebuje 31,8 % SiO₂ (Abdullahi, 2006). V varstvu skladiš enega pridelka pred skladišnimi škodljivimi žuželkami pa si lahko pomagamo tudi z uporabo prašnatih pripravkov rastlinskega izvora, kar je bilo uspešno dokazano že v nekaterih drugih raziskavah (Najafabadi, 2010), v naši raziskavi pa smo vključili listni prah drevesa *Azadirachta indica*.

Žitni žužek (*Sitophilus granarius* [L.]) spada med pomembne skladišne škodljivce (Maceljski, 1999), ki lahko povzročijo škodo na pšenici, ječmeni, koruzi, in tudi na drugih žitih (Schwartz in Burkholder, 1991). Z našo raziskavo smo želeli preuči učinkovitost samostojne ali kombinirane uporabe štirih naravnih prašnatih pripravkov za zatiranje žitnega žužka, z namenom, da bi najučinkovitejše med njimi vključili v okoljsko sprejemljive strategije zatiranja žitnega žužka.

2 MATERIALI IN METODE

2.1. Pripravki in žuželke

Zrnje pšenice, uporabljeno v laboratorijskem poskusu, smo pridobili v poljskem poskusu, ki je bil izveden na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v letu 2011. Pripravek SilicoSec[®] (Biofa GmbH M nsingen, Nem ija) nam je pred raziskavo posredoval dr. Nickolas Kavallieratos (Laboratory of Agricultural Entomology, Dept. of Entomology and Agricultural Zoology, Benaki Phytopathological Institute, Kifissia, Attica, Gr ija), lesni pepel smo pridobili iz pe i na trda goriva gospodinjstva Rupnik iz Logatca, pripravek Neem listni prah[®] smo kupili pri podjetju Azimut - Vester d.o.o. iz Trži a (proizvajalec: Parker India Group, Tamil Nadu, Indija), kremenov pesek pa smo pridobili iz arhiva v Laboratoriju za entomologijo Biotehniške fakultete, v katerem je bil uporabljen v predhodnih raziskavah (Rojht *et al.*, 2010b).

V poskusu smo uporabili odrasle osebkne nega žitnega žužka (*Sitophilus granarius*), pridobljene iz laboratorijske populacije, ki jo v Laboratoriju za entomologijo Biotehniške fakultete pri sobni temperaturi vzdržujemo od leta 2005.

2.2 Laboratorijski poskus

Poskus je potekal v Laboratoriju za entomologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Zrnje pšenice smo tretirali s štirimi razli nimi samostojnimi pripravki v dveh koncentracijah, ki so predstavljala posamezna obravnavanja. Preostala obravnavanja so predstavljala kombinacijo izbranih pripravkov v razli nih koncentracijah. Dodatno obravnavanje je predstavlja kontrola (netretirano žito). Insekticidno delovanje izbranih prašnatih pripravkov smo preu evali pri treh razli nih temperaturah (20, 25 in 30°C) in pri dveh vrednostih relativne zra ne vlage (Rh) (55 in 75%). Seznam pripravkov, s pripadajo imi koncentracijami in oznakami, je predstavljen v preglednici 1.

Preglednica 1: Seznam pripravkov, uporabljenih v raziskavi.

Table 1: List of natural substances, used in our research.

Oznaka	Pripravek	Koncentracija
1	SilicoSec [®]	450 ppm
2	SilicoSec [®]	900 ppm
3	Lesni pepel	5 u%
4	Lesni pepel	2,5 u%
5	SilicoSec [®] x lesni pepel	450 ppm x 2,5 u%
6	Neem listni prah [®]	1,25 u%
7	Neem listni prah [®]	2,5 u%
8	Neem listni prah [®] x lesni pepel	2,5 u% x 2,5 u%
9	Kremenov pesek	450 ppm
10	Kremenov pesek	900 ppm
11	Kremenov pesek x lesni pepel	450 ppm x 2,5 u%
12	SilicoSec [®] x lesni pepel x Neem listni prah [®] x kremenov pesek	225 ppm x 1,25u% x 0,625 u% x 225 u%

V plasti ne posode prostornine 2 l smo natehtali 500±0,10 g zrnja pšenice. V posamezno plasti no posodo smo dodali izbrani prašnati pripravek oz. njihove kombinacije, nato smo jo namestili na stresalnik (Orbital Rotator tip 3040; distributer: Sanolabor), kjer so se omenjene posode pretresale 15-30 minut. S tem postopkom smo dosegli boljšo porazdelitev pripravka po površju pšeni nega zrnja. V vsako od 9 100 ml erlenmajeric (= posamezno obravnavanje)

smo nasuli $50 \pm 0,02$ zrnja pšenice in dodali 30 odraslih osebkov vrste *Sitophilus granarius*. Erlenmajerice smo pokrili z vrtno kopreno (100 % polipropilen), s imer smo hroš em onemogo ili pobeg, obenem pa jim je bilo omogo eno dihanje. Spola in starosti hroš ev rnega žitnega žužka, uporabljenih v poskusu, nismo ugotavljali. Smrtnost hroš ev smo ugotavljali 7., 14. in 21. dan po nastavitvi poskusa.

2.3 Statisti na analiza podatkov

Korigirano smrtnost hroš ev smo izra unali po Abbottovi formuli (Abbott, 1925). Rezultate poskusa smo statisti no ovrednotili s programom Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Centurion, 2009). Razliko med obravnavanji smo ovrednotili z analizo variance (ANOVA) in Duncanovim preizkusom mnogoterih primerjav ($P < 0,05$).

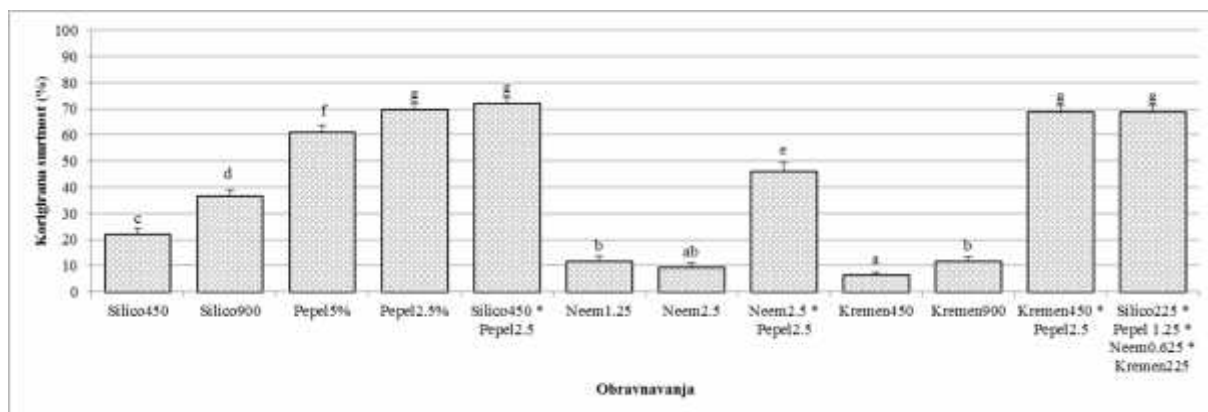
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Generalna analiza

Z generalno statisti no analizo smo ugotovili, da je na smrtnost rnega žitnega žužka signifikatno vplivala vrsta obravnavanja ($F=445,56$; $Df=11$; $P < 0,0001$), temperatura ($F=168,84$; $Df=2$; $P < 0,0001$), relativna zra na vlaga (Rh) ($F=1833,71$; $Df=1$; $P < 0,0001$) ter termin ocenjevanja ($F=646,98$; $Df=2$; $P < 0,001$). Tudi interakcije med obravnavanjem in temperaturo ($F=4585,36$; $Df=32$; $P < 0,0001$), obravnavanjem in relativno zra no vlago ($F=28,54$; $Df=11$; $P < 0,0001$), obravnavanjem in terminom ocenjevanja ($F=10,43$; $Df=22$; $P < 0,0001$), temperaturo in relativno zra no vlago ($F=315,09$; $Df=2$; $P < 0,0001$), temperaturo in terminom ocenjevanja ($F=8,27$; $Df=4$; $P < 0,0001$), Rh in terminom ocenjevanja ($F=10,02$; $Df=2$; $P < 0,0001$) je imelo signifikanten vpliv na smrtnost imagov.

Smrtnost imagov je bila med najnižjimi v obravnavanjih, kjer smo žito tretirali z 450 ppm kremenovega peska ($6,26 \pm 1,29$), 2,5 u% listnega prahu ($9,25 \pm 1,81$ %) in 900 ppm kremenovega peska ($11,71 \pm 1,70$ %). Signifikatno najvišjo smrtnost smo ugotovili v obravnavanjih, kjer smo uporabili 2,5 u% lesni pepel ($69,37 \pm 2,52$ %), kombinacijo 2,5 u% lesnega pepela in 450 ppm pripravka SilicoSec ($71,94 \pm 2,40$ %), kombinacijo 2,5 u% lesnega pepela in 450 ppm kremenovega peska ($68,22 \pm 2,80$ %) ter v obravnavanju, kjer smo uporabili kombinacijo 4 pripravkov (225 ppm SilicoSec, 1,25 u% lesnega pepela, 0,625 u% listnega prahu in 225 ppm kremenovega peska) je bila smrtnost $68,76 \pm 2,75$ % (slika 1).

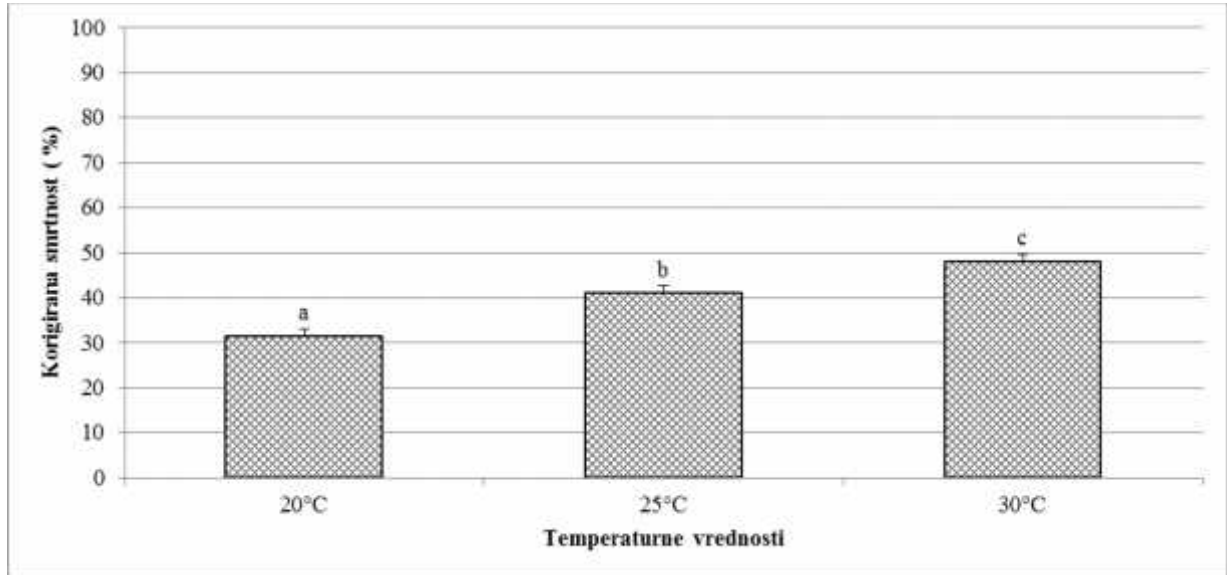
163



Slika 1: Korigirana smrtnost (%) (\pm SE) odraslih osebkov rnega žitnega žužka glede na posamezno obravnavanje.

Figure 1: Corrected mortality (%) (\pm SE) of granary weevil adults according to different treatments.

Glede na analizo podatkov poskusa lahko govorimo o significantnem vplivu višje temperature na smrtnost mega žitnega žužka, saj je bila pri 30 °C dosežena 48,09±1,63%, pri 20 °C pa 31,53±1,43% (slika 2). Višja smrtnost je bila dosežena tudi pri nižji Rh vrednosti (56,07±1,36%), medtem ko smo v obravnavanih izpostavljenih 75 % relativni zra ni vlagi ugotovili 24,41±0,97% smrtnost hroš ev.

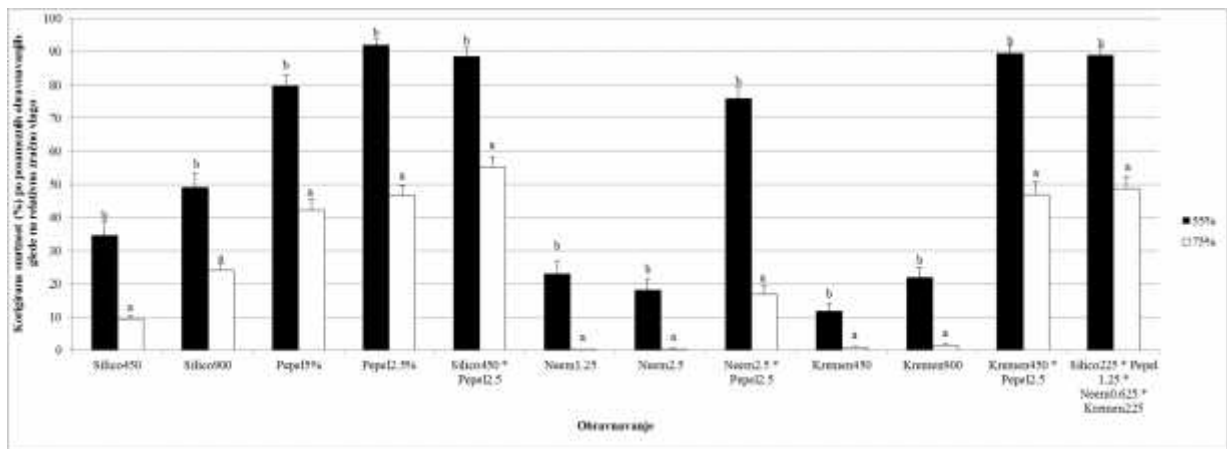


Slika 2: Korigirana smrtnost (%) (±SE) odraslih osebkov mega žitnega žužka glede na temperaturo (°C).
Figure 2: Corrected mortality (%) (± SE) of granary weevil adults according to temperature (°C).

164

3.2 Vpliv relativne zra ne vlage na smrtnost odraslih osebkov mega žitnega žužka

V obravnavanih, izpostavljenih 55 % relativni zra ni, smo ugotovili, da je na smrtnost hroš ev significantno vplivala vrsta pripravka (F=102,24; Df=11; P<0,0001), temperatura (F=80,17; Df=2; P<0,0001) in as izpostavljenosti hroš ev (F=58,65; Df=2; P<0,0001). Signifikatno najnižjo smrtnost pri 55 % smo ugotovili v obravnavanih s kremenovim peskom (450 ppm) (11,86±2,44 %), medtem ko smo v obravnavanih z diatomejsko zemljo (900 ppm) ugotovili 49,12±4,07 % smrtnost.



Slika 3: Korigirana smrtnost (%) odraslih osebkov mega žitnega žužka glede na relativno zra no vlago (%).
Figure 3: Corrected mortality (%) of granary weevil adults according to relative humidity levels (%).

V žitu, ki smo ga tretirali z 2,5 u% lesnega pepela, smo ugotovili $92,00 \pm 1,81$ % smrtnost, $88,82 \pm 2,72$ % smrtnost hroščev pa smo ugotovili v obravnavanjih z diatomejsko zemljo (SilicoSec) 225 ppm, 1,25 u% lesnega pepela, 0,625 u% listnega prahu in 225 ppm kremenovega peska (slika 3). Smrtnost odraslih osebkov pri 55 % relativni zra ni vlagi je bila signifikantno najvišja pri 30°C ($76,07 \pm 1,92$ %), pri 20°C pa je bila smrtnost imagov nekaj več kot 37% ($37,07 \pm 2,20$ %). Po 21 dneh smo v obravnavanjih ugotovili 70 % smrtnost.

Na drugi strani smo v obravnavanjih, izpostavljenih 75% relativni zra ni vlagi, ravno tako ugotovili signifikantne razlike v smrtnosti hroščev med posameznimi obravnavanji ($F=84,14$; $Df=11$; $P<0,0001$). Prav tako lahko govorimo o signifikantnem vplivu temperature ($F=5,06$; $Df=2$; $P=0,0065$) in asa izpostavljenosti ($F=106,22$; $Df=2$; $P<0,0001$) na smrtnost hroščev. Smrtnost imagov je bila signifikantno najvišja v obravnavanju s kombinacijo lesnega pepela (2,5 u%) in pripravka SilicoSec (450 ppm). V obravnavanju z 1,25 u% in 2,5 u% listnim prahom smo ugotovili smrtnost, ki je bila manjša od 1%. Smrtnost, ugotovljena v obravnavanju z 2,5 u% lesnim pepelom je znašala $46,47 \pm 3,06$ %, v obravnavanju z 900 ppm kremenovega peska pa smo ugotovili $1,49 \pm 0,27$ % smrtnost hroščev. SilicoSec v koncentraciji 900 ppm je povzročil 24% smrtnost hroščev v vzorcih žita. Rezultati generalne analize kažejo, da je kombinacija 75% relativne zra ne vlage in 20°C povzročila $26,01 \pm 1,78$ % smrtnost, medtem ko je bila smrtnost pri omenjeni vlagi in 30°C signifikantno najnižja. Pri 75% relativni vlagi smo po 7 dneh ugotovili $8,96 \pm 0,72$ % smrtnost, medtem ko je bila ugotovljena smrtnost po 21 dneh poskusa $40,38 \pm 2,10$ %.

Preu evanje alternativnih na inov zatiranja skladiščnih škodljivcev se v zadnjih letih predvsem usmerja v delovanje naravnih pripravkov rastlinskega izvora. Preu evanje insekticidnega delovanja diatomejske zemlje na smrtnost imagov je bila že doslej intenzivno preu evana (Mewis in Ulrichs, 2001; Vayias *et al.*, 2009). Danes želimo tudi z uporabo mešanic različnih naravnih pripravkov zmanjšati količino ino samostojno uporabljenih pripravkov, na primer diatomejske zemlje, in s tem omogočiti tudi boljše učinkovitost (Athanasios *et al.*, 2007). Tako se je uporaba insekticida spinosad v kombinaciji z diatomejsko zemljo pokazala za učinkovito (Vayias *et al.*, 2009), to pa velja tudi za kombinacijo diatomejske zemlje in piretrina (Vayias *et al.*, 2006).

V našem poskusu se je za eno od učinkovitejših kombinacij izkazala tista, kjer smo diatomejski zemlji v koncentraciji 450 ppm dodali 2,5 u% lesnega pepela, v splošnem pa ugotavljamo, da je najboljše insekticidno delovanje na odrasle osebkove riževega žužka pokazal lesni pepel v samostojni ali kombinirani uporabi z drugimi preu evanimi naravnimi pripravki. Predhodno dokazano učinkovito insekticidno delovanje listnega prahu drevesa *Azadirachta indica* (Najafabadi *et al.*, 2010), se v našem primeru ni izkazalo za učinkovito. Ravno tako lahko govorimo o zanemarljivem insekticidnem delovanju kremenovega peska na smrtnost imagov, kar potrjujejo tudi avtorji v nekaterih prejšnjih raziskavah (Rojht *et al.*, 2010b).

4 SKLEPI

Glede na rezultate našega poskusa lahko sklepamo, da je najboljše insekticidno delovanje na odrasle osebkove riževega žužka izkazal lesni pepel, tako ob samostojni kot kombinirani uporabi, čeprav smo uporabili nižje koncentracije kot jih navaja literatura (Tadese in Basedow, 2005). V vseh obravnavanjih, v katerih smo namreč uporabili ta lesni ostanek, smo generalno ugotovili nad 60 % smrtnost hroščev, pri 55 % relativni zra ni vlagi pa celo nad 75 % smrtnost. Ostali trije pripravki so se pri samostojni uporabi izkazali za nezadostno učinkovite, v kombinacijah z lesnim pepelom pa se je povečala tudi njihova insekticidna delovanja. Kljub temu v nobenem obravnavanju nismo ugotovili 100% smrtnosti hroščev, zato bomo v prihodnje izvajali nove poskuse z namenom določiti ustreznega (višjega) odmerka lesnega pepela in/ali ustreznih kombinacij lesnega pepela z drugimi naravnimi

pripravki. Dokon na potrditev teze o lesnem pepelu kot ustrezni alternativni sinteti nim insekticidom pri zatiranju odraslih osebkov rnega žitnega žužka pa bo mogo a šele po natan ni preu itvi njegovega delovanja na jaj eca in li inke škodljivca, esar v pri ujo em poskusu nismo storili.

5 ZAHVALA

Prispevek je nastal s finan no pomo jo Ministrstva za kmetijstvo in okolje – Uprave RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin v okviru strokovnih nalog s podro ja zdravstvenega varstva rastlin. Avtorja se zahvaljujeva tudi dr. Nickolasu Kavallieratosu za posredovani vzorec pripravka SilicoSec® in Jaki Rupniku za tehni no pomo .

6 LITERATURA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Abdullahi, M. 2006. Characteristics of wood ash/OPC Concrete. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 8: 9-16.
- Andri , G.G., Markovi , M.M., Adamovi , M., Dakovi , A., Prazi Goli , M., Kljaji , P.J. 2012. Insecticidal potencial of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against rice weevil (Coleoptera: Curculionidae) and red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 105, 2: 670-678.
- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Meletsis, C.M. 2007. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied allone or in combination against three stored-product beetle species on wheat and maize. *Journal of Stored Products Research*, 43: 330-334.
- Cardiet, G., Fuzeau, B., Barreau, C., Fleurat-Lessard, F. 2012. Contant and fumigant toxicity of some essential oils constituents against a grain pest *Sitophilus oryzae* and two fungi, *Aspergillus westerdijkiae* and *Fusarium graminearum*. *Journal of Pest Science*, 85:351-358.
- Gwinner, J., Harnisch, R., Mück, O. 1996. Manual of the prevention of post-harvest grain losses. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, 338 str.
- Hakbijl, T. 2002. The traditional, historical and prehistoric use of ashes as an insecticide, with an experimental study on the insecticidal efficacy of washed ash. *Environmental Archaeology*, 7: 13-22.
- Koruni , Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Product Research*, 34, 2, 3: 87-97.
- Maceljiski, M. 1999. Poljoprivredna entomologija. akovec, Sveu ilište u Zagrebu: 464 str.
- Mewis, I., Ulrichs, C. 2001. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*, 37: 153-164.
- Najafabadi, S.S.M. 2010. Evaluate effects of *Azadirachta indica* Adr. Juss. leaf powder and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. seed and leaf powder on stored product pests (*Trogoderma granarium* and barley. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 4: 513-527.
- Rojht, H., Horvat, A., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Tomanovi , Ž., Trdan, S. 2010a. Impact of geochemical composition of diatomaceous earth on the insecticidal activity against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, 83: 429-436.
- Rojht, H., Horvat, A., Trdan, S. 2010b. Local Slovenian quartz sands have low insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae* [L.], Coleoptera, Curculionidae) adults. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8, 3-4: 500-505.
- Schwartz, B.E., Burkholder, W.E. 1991. Development of the granary weevil (Coleoptera, Curculionidae) on barley, corn, oats, rice and wheat. *Journal of Economic Entomology*, 84, 3: 1047-1052. *Journal of Economic Entomology*, 84,3: 1047-1052.
- Subramyam, B., Roesli, R. 2000. Inert dusts. V: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (ur.). Alternatives to pesticide in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, 321-380 s.
- Tadesse, A., Basedow, T. 2005. Laboratory and field studies on the effect of natural control meausres against insect pests in stored maze in Ethiopia. *Journal of Plant Disease and Protection*. 112, 2:156-172.
- Trdan, S., Bohinc, T. 2011. Laboratorijsko preizkušanje insekticidnega delovanja diatomejske zemlje, prahu prave sivke in njivske preslice na fižolarja (*Acanthoscelides obtectus* [Say], Coleoptera, Bruchidae). V: Ma ek, J., Trdan, S. Zbornik predavanj in referatov 10. slovenskega posvetovanja o

- varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Pod etrtek, 1.-2. Marec 2011. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 197-202.
- Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Buchelos, C.T. 2006. Evaluation of three diatomaceous earth and one natural pyrethrum formulations against pupae of *Tribolium confusom* duVal (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and flour. *Crop Protection*, 25: 766-772.
- Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Buchelos, C.T. 2009. Effectiveness of spinosad combined with diatomaceous earth against different European strains of *Tribolium confusom* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae): influence of commodity and temperature. *Journal of Stored Products Research*, 45: 165-176.